

振動片、振動子、発振器及び電子機器

技術分野

- 本発明は、例えば水晶等からなる振動片、この振動片を有する振動子、この
- 5 振動子を備える発振器や電子機器に関するものである。

関連技術

従来、振動片である音叉型水晶振動片は、例えば図 1 1 に示すように構成されている。

- 10 すなわち、音叉型水晶振動片 1 0 は、基部 1 1 と、この基部 1 1 から突出して形成されている 2 本の振動腕部 1 2, 1 3 を有している。そして、この 2 本の振動腕部 1 2, 1 3 には、図 1 2 に示すように、溝 1 2 a, 1 3 a が表面及び裏面に形成されている。

- 図 1 2 は、図 1 1 の A-A' 線断面図であり、この図 1 2 に示すように振動
- 15 腕部 1 2, 1 3 は、この溝 1 2 a, 1 3 a により、その断面が略 H 型に形成されている。

さらに、このような溝 1 2 a, 1 3 a には、この振動腕部 1 2, 1 3 を振動させるための励振電極 1 2 b, 1 3 b が、それぞれ図 1 2 に示すように形成されている。

- 20 また、図 1 2 に示すように、振動腕部 1 2, 1 3 の側面にも側面励振電極 1 2 c, 1 3 c が形成されている。

- このような略 H 型の音叉型水晶振動片 1 0 は、振動片の大きさを小型化しても溝 1 2 a、1 3 b 内に励振電極 1 2 b、1 3 b を備えているので、腕部 1 2, 1 3 の振動損失が低く C I 値（クリスタルインピーダンス又は等価直
- 25 列抵抗）も低く抑えることができるという特性を有する。

このため、略 H 型の音叉型水晶振動片 1 0 は、例えば特に小型でも高精度な性能が求められる振動子に適用されている。

このような音叉型水晶振動片 10 は、その振動により基本波の周波数で信号を発振するようになっているが、同時に高調波の周波数でも同様の信号を発振してしまう特性を有している。

そして、この高調波の信号を振動子等の機器が基本波の周波数の信号と間違えて拾ってしまうと、機器に異常をもたらすおそれがある。

そこで、このような事態を未然に防ぐ方法として、C I 値比を基準に設計する方法がある。この C I 値比は、高周波の C I 値を基本波 C I 値で割ったもの（高周波 C I 値 / 基本波 C I 値）である。

すなわち、高周波 C I 値が基本波 C I 値より大となり、この C I 値比が 1.0 以上となれば、高周波での信号の発振が発生し難くなり、機器等が誤って高調波の信号を拾うおそれが小さくなり、高性能な振動片となる。

このように C I 値比を 1.0 以上にするためには、高調波の C I 値を大きくする必要がある。その方法として、図 11 における振動腕部 12, 13 の長さ (L) に対して溝 12 a, 13 a に形成された励振電極 12 b, 13 b の長さ (d1) を半分、すなわち 0.5 L にすることが知られている。

図 13 は、このような基本波 C I 値と C I 値比との関係を示す図である。図 13 に示すように、基本波 C I 値は、励振電極 12 b, 13 b の長さ (d1) が、振動腕部 12, 13 の長さ (L) に対して短くなればなるほど上昇し、これにより C I 値比も上昇する。

反対に、励振電極 12 b, 13 b の長さ (d1) が、振動腕部 12, 13 の長さ (L) に対して長くなればなるほど、基本波 C I 値が下降するが、同時に C I 値比も 1.0 に近づく。例えば励振電極 12 b, 13 b の長さが (d1) が振動腕部 12, 13 の長さ (L) の 60 % になると C I 値比は 1.0 以下となってしまう。

したがって、このように励振電極 12 b, 13 b の長さ (d1) を振動腕部 12, 13 の長さ (L) の約半分程度にしている。

このようにすることで、振動片の高調波 C I 値と基本波 C I 値が上昇するが、同時に、高調波 C I 値の方が基本波 C I 値より、より大きくなるため、

両者のC I 値の差が広がり、上述のC I 値比を1.0以上とすることができるようになる

(図13参照)。

したがって、このようにC I 値比を1.0以上にすることで、音叉型水晶振動片10を搭載している振動子等が誤って高調波の信号を拾い難くし、高性能で小型の振動片を構成するようにしている。

ところで、上述のように高調波のC I 値を上昇させると、高調波ほどではないが基本波のC I 値も大となってしまう。

この基本波においてC I 値が大きくなりすぎると、振動片の性能の劣化の原因となってしまう。そのため、上述のC I 値比を1.0以上とするため、高調波のC I 値を、あまり大きくすることができなかった。

しかし、基本波のC I 値が上昇しすぎない程度に高調波のC I 値を上げると、上述のC I 値比を1.0以上にするのは容易ではないため、どうしても基本波のC I 値が必要以上に上昇してしまうという問題があった。

また、上述のような小型の音叉型水晶振動片10であっても、近年の電気機器等の装置の小型化の要請に対応するには、更なる小型化が求められている。

この小型化の要請に対応するには、基部11の図11における縦方向の長さ(L1)をより短く形成すれば、全体として振動片10の長さが短くなり、振動片10が小型化され、最も良いのであるが、以下のような問題があった。

すなわち、一般に基部11の長さを振動腕部12, 13の長さの40%以上としないと、C I 値が安定せず、振動片の性能が劣化してしまうという問題があった。

具体的には、図12に示すように振動腕部12, 13の厚みをD、振動腕部12, 13の幅をW、振動腕部12, 13の長さをLとした場合、音叉型水晶振動片10の周波数fは、

$$f \propto W / L^2 \dots \dots \dots \text{式1}$$

の関係式を満たさなければならない。すなわち、振動片 10 の振動腕部 12, 13 の長さ L を短くすればするほど、振動腕部 12, 13 の幅 W も細くなるという関係になっている。

図 11 に示す音叉型水晶振動片 10 は、上述のように小型化されているため振動腕部 12, 13 の長さ L が例えば、1.644 mm と短いため、その幅も例えば 0.1 mm と極めて細くなっている。さらに振動腕部 12, 13 の厚み D も例えば 0.1 mm と成っている。

ところで、音叉型水晶振動片 10 の腕部 12, 13 は、図 13 (a) に示すように、幅 W が長く厚み D が短ければ、図において矢印 B に示すように通常の水平方向の振動を行うことになる。

しかし、上述のように幅 W が短くなると、図 14 (b) に示すように、垂直方向の成分（図において矢印 C の方向）を含むようになり、図 14 (b) において矢印 E で示す方向に振動腕部 12, 13 が振動する。

これは、図 15 に示す図でも明らかなように垂直振動成分変位量 (nm) は、振動腕部 12, 13 の幅 W / 厚み D が 1.2 より小さくなると急激に変位量も大きくなるのが分かる。

このように振動腕部 12, 13 の振動の垂直成分が増加すると、この振動が振動片 10 の基部 11 へと伝わり、振動片 10 をパッケージ等に固定する基部 11 の固定領域の接着剤等からエネルギーが逃げてしまうことになる。

このように振動が基部 11 へ漏れ、基部 11 の固定領域からエネルギーが逃げると、振動腕部 12, 13 の振動が不安定化し、振動片、素子間の C I 値バラツキが大きなものになっていた。

そして、このような振動腕部 12, 13 の振動の漏れや基部 11 の固定領域からのエネルギーの逃げを防ぐには、上述のように振動腕部 12, 13 の長さ L の 40% 以上の長さを基部 11 において確保しなければならなかった。したがって、これが振動片 10 自体の小型化の障害となっていた。

発明の概要

本発明の目的は、基本波のC I 値を低く抑えながら、C I 値比を一定に保持すると共に、基部を短くしても振動片、索子間のC I 値バラツキを小さくし、並びに振動片全体も小型化できる振動片を提供することにある。

本発明によれば、好ましくは、以下の(1)～(6)の振動片が提供される。

(1) 基部と、この基部から突出して形成されている振動腕部と、前記振動腕部の表面部と裏面部の少なくともいずれかに溝部が形成されている振動片であって、前記基部に切り込み部が形成されていると共に、前記溝部の一部に電極部が形成されていることを特徴とする振動片。

(2) 前記振動腕部の表面部と裏面部の少なくともいずれかに溝部が形成されていると共に、前記振動片のC I (クリスタルインピーダンス) 値比(高周波C I 値/基本波C I 値)が1.0以上になるように前記溝部の一部に電極部が形成されていることを特徴とする振動片。

(3) 前記振動腕部の長手方向における前記溝部の一部に形成される電極部の長さが前記振動腕部の長さに対して略45%乃至略55%に形成されていることを特徴とする振動片。

(4) 前記電極部が励振電極であることを特徴とする振動片。

(5) 前記基部には、この振動片を固定させるための固定領域が設けられていると共に、前記切り込み部は、この固定領域と前記振動腕部との間の基部に設けられていることを特徴とする振動片。

(6) 前記振動片が略30KHz乃至略40KHzで発振する水晶で形成されている音叉型振動片であることを特徴とする振動片。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る音叉型水晶振動片の概略図である。

図2は、図1のF-F'線断面図である。

図3は、基本波C I 値と溝長との関係を示す図である。

図4は、図1の音叉型水晶振動片の寸法を示す図である。

図5は、図4の基部の切り込み部の構成を示す概略斜視図である。

図 6 は、図 4 の音叉型水晶振動子の説明図である。

図 7 は、本発明の第 2 の実施の形態に係るセラミックパッケージ音叉型振動子の構成を示す概略断面図である。

図 8 は、本発明の第 3 の実施の形態に係るデジタル携帯電話の回路ブロックを示す概略図である。

図 9 は、本発明の第 4 の実施の形態に係る音叉水晶発振器の構成を示す概略断面図である。

図 10 は、本発明の第 5 の実施の形態に係るシリンダータイプ音叉振動子の構成を示す概略断面図である。

図 11 は、従来の音叉型水晶振動片を示す概略図である。

図 12 は、図 11 の A-A' 線概略断面図である。

図 13 は、基本波 C I 値と C I 値比との関係を示す図である。

図 14 は、(a) 振動腕部の振動の説明図である。(b) 振動腕部の振動の他の説明図である。

図 15 は、振動腕部と垂直振動成分変位量との関係を示す図である。

図 16 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る振動片の製造方法で製造された音叉型水晶振動片 100 を示す概略図である。

図 17 は、図 16 の B-B' 線概略断面図である。

図 18 は、電極形成工程を示す概略フローチャートである。

図 19 は、音叉腕に電極が形成される工程を示す概略図である。

図 20 は、音叉腕に電極が形成される他の工程を示す概略図である。

図 21 は、音叉腕に電極が形成される他の工程を示す概略図である。

発明の実施形態

上記 (1) ないし (6) のそれぞれの発明について、好ましくは以下の実施形態が提供される。但し、本発明は、これら実施形態に限定されるものではない。

(7) 基部と、この基部から突出して形成されている振動腕部と、前記振動腕部の表面部と裏面部の少なくともいずれかに溝部が形成されている振動

片が、パッケージ内に收容されている振動子であつて、前記基部に切り込み部が形成されていると共に、前記溝部の一部に電極部が形成されていることを特徴とする振動子。

- 5 (8) 前記振動腕部の表面部と裏面部の少なくともいずれかに溝部が形成されていると共に、前記振動片のC I (クリスタルインピーダンス) 値比 (高周波C I 値/基本波C I 値) が1.0以上になるように前記溝部の一部に電極部が形成されていることを特徴とする振動子。

- 10 (9) 前記振動腕部の長手方向における前記溝部の一部に形成される電極部の長さが前記振動腕部の長さに対して略45%乃至略55%に形成されていることを特徴とする振動子。

(10) 前記電極部が励振電極であることを特徴とする振動子。

(11) 前記基部には、この振動片を固定させるための固定領域が設けられていると共に、前記切り込み部は、この固定領域と前記振動腕部との間の基部に設けられていることを特徴とする振動子。

- 15 (12) 前記振動片が略30KHz乃至略40KHzで発振する水晶で形成されている音叉型振動片であることを特徴とする振動子。

(13) 前記パッケージが箱状に形成されていることを特徴とする振動子。

(14) 前記パッケージが所謂シリンダータイプに形成されていることを特徴とする振動子。

- 20 (15) 基部と、この基部から突出して形成されている振動腕部と、を有する振動片と集積回路がパッケージ内に收容されている発振器であつて、前記振動片の前記基部に切り込み部が形成されていると共に、前記振動片の前記溝部の一部に電極部が形成されていることを特徴とする発振器。

- 25 (16) 基部と、この基部から突出して形成されている振動腕部と、を有する振動片であり、この振動片がパッケージ内に收容されている振動子であり、この振動子を制御部に接続して用いている電子機器であつて、前記振動片の前記基部に切り込み部が形成されていると共に、前記振動片の前記溝部の一部に電極部が形成されていることを特徴とする電子機器。

以下、本発明の振動片の実施の形態を図面を参照してより具体的に説明する。

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る振動片である音叉型水晶振動片100を示す図である。

音叉型水晶振動片100は、例えば所謂水晶Z板となるように水晶の単結晶を切り出して形成されている。また、図1に示す音叉型水晶振動片100は例えば32.768KHzで信号を発信する振動片であるため、極めて小型の振動片となっている。

このような音叉型水晶振動片100は、図1に示すように、基部110を有している。そして、この基部110から図において上方向に突出するように振動腕部である音叉腕121、122が2本配置されている。

また、この音叉腕121、122の表面と裏面には、溝部123、124が図1に示すように形成されている。この溝部123、124は、図1に示されていない音叉腕121、122の裏面側にも同様に形成されているため、図2に示すように図1のF-F'断面図では、略H型に形成されている。

ところで、図1に示す音叉腕121、122に形成されている溝部123、124には、図1及び図2に示すように、電極部である励振電極123a、124aが形成されている。

また、音叉型水晶振動片100の側面には、図2に示すように側面励振電極123b、124bが配置されている。

さらに、音叉型水晶振動片100には、給電等を行う他の電極125も配置されている。

この励振電極123a、124aが溝部123、124に配置され、側面励振電極123b、124bが、側面に配置されているため、励振電極123a、124a及び側面励振電極123b、124bに電圧を印加すると、音叉腕123、124内に効率良く電界が生じ、音叉腕123、124の振動損失が低くCI値（クリスタルインピーダンス又は等価直列抵抗）も低い状態で振動が生じることになる。

このCI値は、具体的には基本波であり、周波数は例えば32kHzとなっている。この基本波のCI値を低く抑えることで高性能な振動片となることになる。

ところで、この励振電極 1 2 3 a, 1 2 4 a が配置されている溝部 1 2 3, 1 2 4 の長さは、図 1 に示すように音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の長さ (L) に対して、70% の長さである $0.7L$ に設定されている。

この $0.7L$ の長さは、図 3 の基本波 CI 値と溝長との関係を示す図にあるように、最も基本波 CI 値が低くなる長さである。

また、このような長さに配置されている溝部 1 2 3, 1 2 4 の一部には、図 1 及び 2 に示すように、励振電極 1 2 3 a, 1 2 4 a が配置されている。

すなわち、この励振電極 1 2 3 a, 1 2 4 a は、溝部 1 2 3, 1 2 4 の全部にわたって配置されているのではなく、音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の長さ (L) に対して 50% の長さとなっている。

この割合は、図 1 3 に示すように、CI 値比 (高調波 CI 値 / 基本波 CI 値) が 1.0 以上となる配置である。このように配置することで、上述のように高調波の CI 値が大きくなり、高調波で誤った発振をし難くなるので、音叉型水晶振動片 100 を搭載する振動子等は基本波の発振を受け易くなる。

上述のように音叉腕 1 2 1, 1 2 2 が振動すると、基本波の発振のみならず高調波での発振する可能性が発生してしまう。

しかし、本実施の形態によれば、溝部 1 2 3, 1 2 4 の長さは、基本波の CI 値が低下するような長さ ($0.7L$) に設定し、励振電極 1 2 3 a, 1 2 4 a の長さは CI 値比が 1.0 以上になるような長さ ($0.5L$) としているので、高調波の発振がし難く、且つ基本波の CI 値を低く抑えることができることになる。

すなわち、従来の音叉型水晶振動片 10 と異なり溝部 1 2 3, 1 2 4 内全体に励振電極 1 2 3 a, 1 2 4 a を配置せず、溝部 1 2 3, 1 2 4 に励振電極 1 2 3 a, 1 2 4 a を配置しない部分を設けたので、かかる調整が可能となった。

ところで、このように溝部 1 2 3, 1 2 4 や励振電極 1 2 3 a, 1 2 4 a が配置されている音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の図 1 における下方には、上述のように基部 1 1 0 が配置されている。

この基部 1 1 0 は、その全体が略板状に形成されている。そして、図において縦方向の長さが、図 4 に示すように、例えば 0.56 mm に形成されている。

図 4 は、図 1 の音叉型水晶振動片 1 0 0 の大きさ等を示した図である。

- 5 図 4 に示すように、この基部 1 1 0 から突出して配置されている前記音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の図において縦方向の長さは例えば 1.644 mm に形成されている。

- したがって、この音叉腕 1 2 1, 1 2 2 に対する基部 1 1 0 の長さは、約 34% となっている。これに対して従来の音叉型水晶振動片 1 0 は、基部 1 1 の長さ (L1) が 0.7 mm で腕部 1 2, 1 3 の長さ (L) が 1.644 mm に形成され、基部 1 1 の長さは腕部 1 2, 1 3 の長さに対して約 42.6% となり、40% を超えている。

- このように基部 1 1 の長さを腕部 1 2, 1 3 の長さに対して 40% 以上の長さになるようにすることで、上述のように腕部 1 2, 1 3 の垂直成分の振動により振動漏れが生じ、振動片、素子間の CI 値バラツキが大きくなるのを防いでいた。

- これに対して、本実施の形態の音叉型水晶振動片 1 0 0 の基部 1 1 0 の長さは、音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の長さに対して上述のように 34% になるように形成されているので、従来の音叉型水晶振動片 1 0 と同様の構成では、音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の垂直成分の振動による振動漏れが生じ、振動片、素子間の CI 値バラツキが大きくなる。

しかし、本実施の形態では、図 4 に示すように基部 1 1 0 の両側に切り込み部 1 2 6 が 2 箇所設けられている。

- この状態を示すのが図 5 である。図 5 は図 4 の基部 1 1 0 の切り込み部 1 2 6 の配置状態を示す概略斜視図である。

図 5 に示すように切り込み部 1 2 6 は、矩形状に形成されされている。

このような切り込み部 1 2 6 は、図 4 に示すように基部 1 1 0 の上端部から 0.113 mm 下方から下に向かって形成されている。

この切り込み部 1 2 6 の基部 1 1 0 における配置条件を示したのが図 6 である。

図 6 において基部 1 1 0 の底面から基部 1 1 0 の上端、具体的には 2 本の音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の間の股部までの長さを A 1 とする。

- 5 そして、基部 1 1 0 の底面から切り込み部 1 2 6 の上端部までの長さを A 2 とする。

また、基部 1 1 0 の底面から音叉腕 1 2 1, 1 2 2 に形成されている溝部 1 2 3, 1 2 4 の下端部までの長さを A 3 としたとき、A 3 の長さは、A 2 の長さより長くなるように切り込み部 1 2 6 が形成される。

- 10 そして、A 3 の長さは A 1 の長さと同じか、若しくは A 3 の長さが A 1 の長さより長くなるように形成される。したがって、音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の根元より基部 1 1 0 の底面側に前記溝部 1 2 3, 1 2 4 が形成されないようになっている。

- 15 以上の関係から、基部 1 1 0 に形成される切り込み部 1 2 6 の位置は、必ず音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の溝部 1 2 3, 1 2 4 の下端部より下方に配置されることになる。

したがって、この切り込み部 1 2 6 の存在が、音叉腕部 1 2 1, 1 2 2 の振動を阻害等することがない。

- 20 また、図 6 で斜線で示す部分は、音叉型水晶振動片 1 0 0 をパッケージにおいて固定する際に実際に固定される固定領域 1 1 1 である。この固定領域 1 1 1 の上端部と、基部 1 1 0 の底面との長さを示したのが A 4 である。

そして、この固定領域 1 1 1 と切り込み部 1 2 6 との位置関係は、A 2 の長さが、必ず A 4 の長さより長くなる。

- 25 したがって、切り込み部 1 2 6 の上端部は、必ず固定領域 1 1 1 より図 4 の上方に配置されるので、切り込み部 1 2 6 が固定領域 1 1 1 に影響を及ぼすことがなく、音叉型水晶振動片 1 0 0 のパッケージに対する固定状態に悪影響を与えることがない。

このように、基部 1 1 0 に設けられた切り込み部 1 2 6 は、音叉型水晶振動片 1 0 0 の音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の振動に悪影響を与えることがない位置

に設けられている。そして、更に、切り込み部 1 2 6 は、音叉型水晶振動片 1 0 0 のパッケージに対する固定状態に悪影響を与えない位置にも設けられている。このような位置に設けられている切り込み部 1 2 6 は、音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の溝部 1 2 3, 1 2 4 の位置より下方の基部 1 1 0 側に
5 設けられている。このため、音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の垂直成分の振動により、溝部 1 2 3, 1 2 4 から漏れてきた漏れ振動は、切り込み部 1 2 6 により、基部 1 1 0 の固定領域 1 1 1 に伝わり難くなる。

したがって、漏れ振動が固定領域 1 1 1 に伝わり、エネルギー逃げが生じ難くなり、振動片、素子間の C I 値バラツキの増大を有効に防止できること
10 になる。

以上のように振動片、素子間の C I 値バラツキを小さくすることができるので、従来の音叉型水晶振動片 1 0 のように基部 1 1 の長さを腕部 1 2, 1 3 の長さの 4 0 % 以上にする必要がない。

本実施の形態では、図 1 に示すように、音叉型水晶振動片 1 0 0 の基部 1
15 1 0 の長さは、音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の長さに対して上述のように 3 4 % になるように形成されていても、音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の垂直成分の振動による振動漏れが生じ難く、振動片、素子間の C I 値バラツキを小さくすることになる。これにより、基部 1 1 0 の長さを短くすることができ、音叉型水晶振動片 1 0 0 の大きさを小型化することができる。

20 本実施の形態では、基部 1 1 0 の長さが図 4 に示すように 0. 5 6 mm とすることができ、従来の音叉型水晶振動片 1 0 の図 1 2 に示す基部 1 1 の長さ (L 1) である 0. 7 mm より著しく小さくすることが可能となる。

ところで、上述の音叉腕 1 2 1, 1 2 2 のそれぞれの幅は、図 4 に示すように 0. 1 mm に形成される。このように音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の腕幅を著
25 しく狭くするのは、上述の式 1 である「 $f \propto W / L^3$ 」の説明で詳述したように、音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の長さ (L) を短くしたためである。

すなわち、音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の長さを図 4 に示すように 1. 6 4 4 mm と短くするには、上記式 1 から腕幅は、0. 1 mm にする必要があり、そのため腕幅を 0. 1 mm としたものである。

しかし、このように音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の腕幅を 0.1 mm とすると、
C I 値が大きくなるおそれがある。

そこで、本実施の形態では、C I 値の上昇を抑えるために図 1 に示すよう
に音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の表面及び裏面に長さ 0.7 L の溝部 1 2 3、1 2
5 4 が上述のように設けられ、図 3 に示すように、C I 値が著しく低くなるよ
うになっている。

以上のように構成される本実施の形態の音叉型水晶振動片 1 0 0 がパッケ
ージ等内に配置され、電圧が印加されると、音叉腕 1 2 1, 1 2 2 が振動す
るが、このとき、音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の腕幅と厚みは、上述のように共に
10 0.1 mm に形成されている。

したがって、図 1 4 (b) に示すように垂直成分の振動が生じるが、この
振動が基部 1 1 0 の切り込み部 1 2 6 で緩和され、エネルギーが基部 1 1 0
の固定領域 1 1 1 から逃げ、振動漏れが生じ、振動片、素子間の C I 値バラ
ツキが増大するのを未然に防止することができる。

15 また、この切り込み部 1 2 6 は音叉腕 1 2 1, 1 2 2 の振動を阻害せず、
且つ基部 1 1 0 の固定領域 1 1 1 の固定に影響を与えない基部 1 1 0 の部分
に配置されているため、音叉腕 1 2 1、1 2 2 の振動や音叉型水晶振動片 1
0 0 のパッケージに対する固定に悪影響を与えることがない。

さらに、基部 1 1 0 の長さを従来の振動片より短くすることができるので、
20 音叉型水晶振動片 1 0 0 の小型化を図ることができ、このような振動片を搭
載する振動子等の小型化を可能にするものである。

そして、小型化された音叉型水晶振動片 1 0 0 は、基本波 C I 値が上述の
ように極めて低く設定され、C I 値比も 1.0 以上に設定されているので、
より精度の高い超小型振動片となる。

25 図 7 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る振動子であるセラミックパッケ
ージ音叉型振動子 2 0 0 を示す図である。

このセラミックパッケージ音叉型振動子 2 0 0 は、上述の第 1 の実施の形
態の音叉型水晶振動片 1 0 0 を用いている。したがって、音叉型水晶振動片
1 0 0 の構成、作用等については、同一符号を用いて、その説明を省略する。

図7は、セラミックパッケージ音叉型振動子200の構成を示す概略断面図である。図7に示すようにセラミックパッケージ音叉型振動子200は、その内側に空間を有する箱状のパッケージ210を有している。

このパッケージ210には、その底部にベース部211を備えている。このベース部211は、例えばアルミナ等のセラミックス等で形成されている。

ベース部211上には、封止部212が設けられており、この封止部212は、ベース部211と同様の材料から形成されている。また、この封止部212の上端部には、蓋体213が載置され、これらベース部211、封止部212及び蓋体213で、中空の箱体を形成することになる。

このように形成されているパッケージ210のベース部211上にはパッケージ側電極214が設けられている。このパッケージ側電極214の上には導電性接着剤等を介して音叉型水晶振動片100の基部110の固定領域111が固定されている。

この音叉型水晶振動片100は、図1に示すように構成されているため、基本波のCI値が低く抑えられていると共に、CI値比が1.0以上に設定されており、更に、小型で振動片、素子間でCI値バラツキが小さい。したがって、この振動片を搭載したセラミックパッケージ音叉型振動子200も小型で振動片、素子間でCI値バラツキが小さい高性能な振動子となる。

図8は、本発明の第3の実施の形態に係る電子機器であるデジタル携帯電話300を示す概略図である。

このデジタル携帯電話300は、上述の第2の実施の形態のセラミックパッケージ音叉型振動子200と音叉型水晶振動片100とを使用している。

したがって、セラミックパッケージ音叉型振動子200と音叉型水晶振動片100の構成、作用等については、同一符号を用いる等して、その説明を省略する。

図8はデジタル携帯電話300の回路ブロックを示しているが、図8に示すように、デジタル携帯電話300で送信する場合は、使用者が、自己の声をマイクロフォンに入力すると、信号はパルス幅変調・符号化のブロックと

変調器／復調器のブロックを経てトランスミッター、アンテナスイッチを開始アンテナから送信されることになる。

一方、他人の電話から送信された信号は、アンテナで受信され、アンテナスイッチ、受信フィルターを経て、レシーバーから変調器／復調器ブロック
5 に入力される。そして、変調又は復調された信号がパルス幅変調・符号化のブロックを経てスピーカーに声として出力されるようになっている。

このうち、アンテナスイッチや変調器／復調器ブロック等を制御するためのコントローラが設けられている。

このコントローラは、上述の他に表示部であるLCDや数字等の入力部で
10 あるキー、更にはRAMやROM等も制御するため、高精度であることが求められる。また、デジタル携帯電話300の小型化の要請もある。

このような要請に合致するものとして上述のセラミックパッケージ音叉振動子200が用いられている。

このセラミックパッケージ音叉型振動子200は、図1に示す音叉型水晶
15 振動片100を有するため、CI値が低く、CI値比も1.0以上の設定され、且つ振動片、素子間でCI値バラツキが小さく高精度となると共に、小型となる。したがって、このセラミックパッケージ音叉型振動子200を搭載したデジタル携帯電話300も小型で振動片、素子間でCI値バラツキが小さい高性能なデジタル携帯電話となる。

20 図9は、本発明の第4の実施の形態に係る発振器である音叉水晶発振器400を示す図である。

このデジタル音叉水晶発振器400は、上述の第2の実施の形態のセラミックパッケージ音叉型振動子200と多くの部分で構成が共通している。したがって、セラミックパッケージ音叉型振動子200と音叉型水晶振動片100
25 の構成、作用等については、同一符号を用いて、その説明を省略する。

図9に示す音叉型水晶発振器400は、図9に示すセラミックパッケージ音叉振動子200の音叉型水晶振動片100の下方で、ベース部211の上に、図10に示すように集積回路410を配置したものである。

すなわち、音叉水晶発振器 4 0 0 では、その内部に配置された音叉型水晶振動片 1 0 0 が振動すると、その振動は、集積回路 4 1 0 に入力され、その後、所定の周波数信号を取り出すことで、発振器として機能することになる。

すなわち、音叉水晶発振器 4 0 0 に収容されている音叉型水晶振動片 1 0 0 は、図 1 に示すように構成されているため、C I 値が低く抑えられ、C I 値比も 1 . 0 以上に設定されると共に、小型で振動片、素子間で C I 値バラツキが小さいので、この振動片を搭載したデジタル音叉水晶発振器 4 0 0 も小型で振動片、素子間で C I 値バラツキが小さい高性能な発振器となる。

図 1 0 は、本発明に第 5 の実施の形態に係る振動子であるシリンダタイプ音叉振動子 5 0 0 を示す図である。

このシリンダタイプ音叉振動子 5 0 0 は、上述の第 1 の実施の形態の音叉型水晶振動片 1 0 0 を使用している。したがって、音叉型水晶振動片 1 0 0 の構成、作用等については、同一符号を用いる等して、その説明を省略する。

図 1 0 は、シリンダタイプ音叉振動子 5 0 0 の構成を示す概略図である。

図 1 0 に示すようにシリンダタイプ音叉振動子 5 0 0 は、その内部に音叉型水晶振動片 1 0 0 を収容するための金属製のキャップ 5 3 0 を有している。このキャップ 5 3 0 は、ステム 5 2 0 に対して圧入され、その内部が真空状態に保持されるようになっている。

また、キャップ 5 3 0 に収容された略 H 型の音叉型水晶振動片 1 0 0 を保持するためのリード 5 1 0 が 2 本配置されている。

このようなシリンダタイプ音叉振動子 5 0 0 に外部より電流等を印加すると音叉型水晶振動片 1 0 0 の音叉腕 1 2 1 , 1 2 2 が振動し、振動子として機能することになる。

このとき、音叉型水晶振動片 1 0 0 は、図 1 に示すように構成されているため、C I 値が低く抑えられ、C I 値比も 1 . 0 以上に設定され、さらに、小型で振動片、素子間で C I 値バラツキが小さいので、この振動片を搭載したシリンダタイプ音叉振動子 5 0 0 も小型で、振動片、素子間で C I 値バラツキが小さい高性能な振動子となる。

また、上述の各実施の形態では、32.738 kHzの音叉型水晶振動子を例に説明したが、15 kHz乃至155 kHzの音叉型水晶振動子に適用できることは明らかである。

5 なお、上述の実施の形態に係る音叉型水晶振動片100は、上述の例のみならず、他の電子機器、携帯情報端末、さらに、テレビジョン、ビデオ機器、所謂ラジカセ、パーソナルコンピュータ等の時計内蔵機器及び時計にも用いられることは明らかである。

さらに、本発明は、上記実施の形態に限定されず、特許請求の範囲を逸脱しない範囲で種々の変更を行うことができる。そして、上記実施の形態の構成は、その一部を省略したり、上述していない他の任意の組み合わせに変更
10 することができる。

本実施の形態に係る音叉型水晶振動片100は、以上のように構成されるが、以下、その製造方法等について説明する。

15 先ず、水晶基板をエッチング等することで、図16の電極が形成されていない状態の音叉型水晶振動片が形成される。その後、この音叉型水晶振動片に電極を形成する。

以下、電極の形成工程を音叉腕120、130を中心に説明する。また、音叉腕130は音叉腕120と同様のため、以下の説明は、音叉腕120の説明のみとする。図18は電極形成工程を示す概略フローチャートである。

20 図19は、音叉腕120に電極が形成される工程を示す概略図である。

先ず、図19(a)は、上記エッチングにより外形が形成された状態の音叉型水晶振動片の音叉腕120の図16のB-B'線概略断面図である。

図19(a)に示すように、音叉腕120の表面120e及び裏面20fには、溝部120a、130aが形成される（溝部形成工程）。

25 このような音叉腕120等を含む振動片全体にスパッタ等により金属膜である電極膜150を形成する（金属膜形成工程、図18のST1）。

この状態を示したのが図19(b)である。図19に示す電極膜150は、下層がCrで厚みが例えば100 Å乃至1000 Åで形成される。そして、上層がAuで厚みが例えば500 Å乃至1000 Åで形成されている。

このように表面全体に電極膜 150 を形成した後、図 18 の S T 2 に示すようにフォトリソを霧状に噴霧して電極膜 150 の上の全面に塗布する。すなわち、図 19 (c) に示すようにフォトリソ膜 151 を形成する (フォトリソ層形成工程)。

- 5 このフォトリソは紫外光に感光感度を持つ樹脂をベースとした化合物であり、流動性を有するため、例えばスプレーにより霧状に噴霧して塗布される。

また、フォトリソ膜 151 の厚みは、例えば $1\text{ }\mu\text{m}$ 乃至 $6\text{ }\mu\text{m}$ となっている。

- 10 次に、図 18 の S T 3 に示すようにフォトリソパターン形成を行う。すなわち、図 16 の電極形成部分 (斜線部分) を除く部分を覆うような図示しないマスクを介して紫外線をフォトリソ膜 151 に照射して (露光)、現像液で取り除き、加熱工程等を経てフォトリソ膜 151 を固化させる。

- 15 これにより、図 16 の電極形成部分 (斜線部分) に対応する形状のフォトリソパターン 152 が形成される。

このとき、フォトリソパターン 152 は、図 16 及び図 17 の短絡防止用間隔 W 1、具体的には例えば $15\text{ }\mu\text{m}$ の幅でフォトリソ膜 151 が形成されていない部分ができる。

- 20 ところで、フォトリソは、上述のように電極膜 150 上に塗布されるが、図 19 (a) の音叉腕 120 の角部であるエッジ部分 (図における矢印 E) をカバーするように塗布する必要がある。このとき、塗布するフォトリソが粒子状になっていた方がエッジ部分 E のカバーが良い。

- 25 しかしながらフォトリソをこのように粒子状のものを含んだ状態で塗布すると、フォトリソ現像後のフォトリソパターン 152 の外形は正確な略直線ではなく、粒子の外形に沿った略波線に形成されてしまう。

このようにフォトリソパターン 152 の外形線が、不均一であると前記短絡防止用間隔 W 1 が $15\text{ }\mu\text{m}$ という微細な間隔を形成する場合、部分的に間隔が保持されないおそれがある。

間隔が保持されていない部分は、エッチングされない部分となってしまうため、電極同士の短絡等のおそれがある。

そのため、本実施の形態では、図18のST4に示すようにレーザ照射を行う（パターン形状調整工程）。具体的には、前記フォトリソパターン152の一部の形状である図16の音叉腕120の腕表面120eの短絡防止用間隔W1について行われる。

すなわち、図20(a)に示すように、フォトリソパターン152の外形線が不均一となり、このフォトリソパターンをマスクとしてエッチングした場合、形成される溝電極120bと側面電極120dとが短絡等を生じないように、短絡防止用間隔W1が例えば15 μ m確保できるようにフォトリソパターン152の外形がレーザによって調整される。

このレーザは、例えば、YAGレーザ等が用いられ、特にYAGレーザの3倍高調波を用いるとフォトリソパターン152の外形をより正確に調整することができる。

このようにフォトリソパターン152を形成してからレーザを照射するので、特にフォトリソの感光を防止するイエロールーム内でレーザを照射する必要がないので製造コストを低減することができる。

また、レーザの照射は、図20(a)(b)に示すように音叉腕120の腕表面120eの短絡防止用間隔W1と腕裏面120fの短絡防止用間隔W1とを格別に行う。

しかし、これに限らず図20(c)に示すように腕表面120e及び腕裏面の120fの双方を同時にレーザによって加工することもできる。

この場合、生産工程を減らすことができるので生産コストも下げることができる。

このようにフォトリソパターン152がレーザによって正確に形成された後、図18のST5のエッチング工程となる（電極膜形成工程）。

具体的には、上述のフォトリソパターン152をマスクとして電極膜150をエッチングにより除去する。

図 2 1 (a) は、エッチングにより電極膜 1 5 0 が除去された状態を示す図である。図 2 1 (a) に示すように本実施の形態の製造方法によれば、短絡防止用間隔 W 1 を正確に確保することができる。

次に、図 1 8 の S T 6 のレジスト剥離工程でフォトレジストパターン 1 5 2 を除去すれば、図 2 1 (b) に示すように溝電極 1 2 0 b、側面電極 1 2 0 d が正確に形成されることになる（フォトレジストパターン剥離工程）。

このとき、上述のレーザ照射工程（S T 3）の図 1 7 に示すレーザ照射で電極膜 1 5 0 の一部が溶解し、この溶解した電極膜 1 5 0 の一部がレジストパターン 1 5 2 と共に除去されるので、より正確に短絡防止用間隔 W 1 を形成することができる。

そして、このとき、音叉型水晶振動片 1 0 0 全体については、図 1 6 に示すように基部電極 1 4 0 a 等が所定の形状で形成され、音叉型水晶振動片 1 0 0 の電極配置が終了する。

このようにして製造された音叉型水晶振動片 1 0 0 は、音叉腕 1 2 0、1 3 0 の腕表面 1 2 0 e、1 3 0 e 及び腕裏面 1 2 0 f、1 3 0 f の短絡防止用間隔 W 1 が例えば $15\mu\text{m}$ に正確保持され、溝電極 1 2 0 b、1 3 0 b と側面電極 1 2 0 d、1 3 0 d とが短絡等することを有効に防止することができ、不良が生じにくい音叉型水晶振動片となる。

以上説明したように、本発明によれば、基本波の C I 値を低く抑えながら、C I 値比を一定に保持すると共に、基部を短くしても、振動片、素子間の C I 値バラツキを小さくし、並びに振動片全体も小型化できる振動片、これを有する振動子、この振動子を備える発振器及び電子機器を提供することができる。

The entire disclosure of Japanese patent application 2001-006638, filed January 15, 2001, is hereby incorporated by reference.